

Sissejuhatus infotehnoloogiasse

# Loengu ülevaade

Arvutite ja arvutiteaduse süünd: null - teine maailmasõda.

- Varane rehkendamise ajalugu
- Loogika tekkimine
- Arvutamise teooria tekkimine
- Esimesed arvutid 17 sajandil
- Industrialiseerimise ideoloogia
- Võimaldav tehnoloogia: side ja mehaaniline infotöötlus
- Loogika ja arvutamise teooria väljaarenemine 20 sajandi esimesel poolel
- Esimesed võimsad arvutid teises maailmasõja paiku

# Arvud

- Arvud kontidel? Ca 42 000 aastat tagasi
- Babüloonia: positsiooniline 60-süsteem ca 3400 BC
- Egiptus: 10-süsteem ca 3100 BC
- Maiade arvusüsteem

Null:

- Babüloonia 300 BC
- India 600 AD

Abakus:

- Babüloonia 1,000 BC kuni 500 BC



# Loogika olemus

- Klassikalisest kreeka keelest sõnast λόγος (logos), algtähendusega sõna ehk mida räägitakse.
- Loogika on teadus mõtlemise alustest.
- Loogika uurib mõtlemise *paratamatuid* aspekte ehk seda, mis üldse teeb mõtlemisest mõtlemise ehk õige mõtlemise ehk seda, mida ja kuidas üldse mõelda saab.
- Informaalne loogika: teatud vaidlusmeetodite analüüs.
- Formaalne loogika:
  - reeglisüsteemid ja algoritmid nõ mehaaniliseks järelduste tegemiseks
  - reeglisüsteemide kui matemaatiliste objektide uurimine.
- Arvutid on mõtlemise masinad.

# Loogika aine

Fundamentaalseid mõtlemismeetodeid:

- Deduktsioon
- Induktsioon

Matemaatika sissetulek: muutujad

Lausemuutujad, näiteks:

- kui A ja B, siis A
- ei ole tõsi, et A ja mitte A
- kui A-st järeldeb B, ning A on tõsi, siis ka B on tõsi

Omadused ja suhted, näiteks:

Kui kõigil asjadel on omadus P, siis on olemas asi, millel on omadus P

Kui X on suurem kui Y ja Y on suurem kui Z, siis X on suurem kui Z

# Loogika teke

- Parmenides (5 sajand e.m.a.) : kasutas pikki loogilisi põhjendusi.
- Zenon Eleast (5 sajand e.m.a.) - apooriad/paradoksid
- Sofistid - Sokrates (470-399 e.m.a) - Platon (428/427 - 348/347 e.m.a):

**Aristoteles: väidete struktuur kui iseseisev uurimisobjekt**



# Loogika teke: Aristoteles

Süllogismide näited:

- 1. eeldus: iga koer on imetaja.  
2. eeldus: mõned neljajalgseid on koerad.  
järelkus: mõned neljajalgseid on imetajad.
  
- 1. eeldus: kõik luiged on valged  
2. eeldus: mõni lind on luik.  
järelkus: mõni lind on valge.

Tuletuse struktuuri võib seega esitada muutujate  $x, y$  ja  $z$  abil ning tuletus on õige sõltumata fraasidest, millega neid muutujaid asendada:

- 1. eeldus: iga  $x$  on  $y$ .  
2. eeldus: mõni  $z$  on  $x$ .  
järelkus: mõni  $z$  on  $y$ .

# Aristotelese “kategorilised väited”

- Iga  $b$  on  $a$
- Mitte ükski  $b$  pole  $a$
- Mõni  $b$  on  $a$
- Mõni  $b$  ei ole  $a$

*süllogism* on väitlus, kus mingitest etteantud väidetest (eeldustest) järeldeb paratamatult uus väide. Aristotelese puhul alati kaks kategorilist eeldust, üks kategoriline järeldeb.



# Stoikud: lausearvutus

Stoikud uurisid, kuidas saab loogiliste sidesõnade (ja, ei, või, kui...siis) abil lihtsamatest lausetest keerulisemaid kokku panna ja kuidas näidata selliselt moodustatud lausete õigsust.

- Kui esimene, siis teine; esimene; järelikult teine.

$$((X \rightarrow Y) \ \& \ X) \rightarrow Y$$

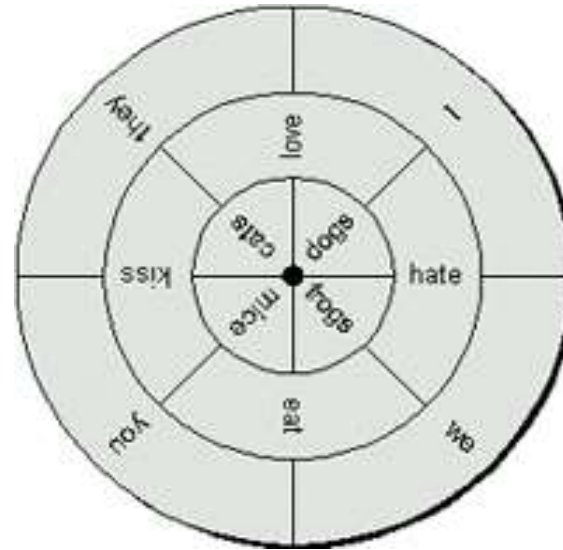
- Kui esimene, siis teine; mitte teine; järelikult mitte esimene.

$$((X \rightarrow Y) \ \& \ \neg X) \rightarrow \neg Y$$

# Ramon Llull

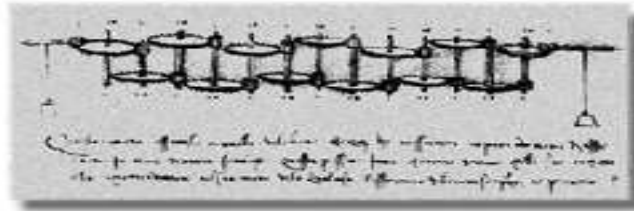
- Elas: 1235-1315
- Müstik
- Peateos *Ars magna, generalis et ultima*

PRIMA FIGURA.

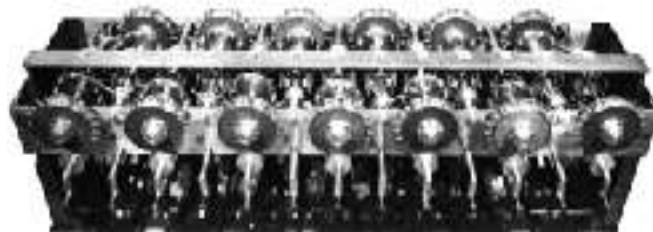


# Leonardo da Vinci

- ca 1500
- Kalkulaatori joonis:



- Hiljem ehitatud katseeksemplar

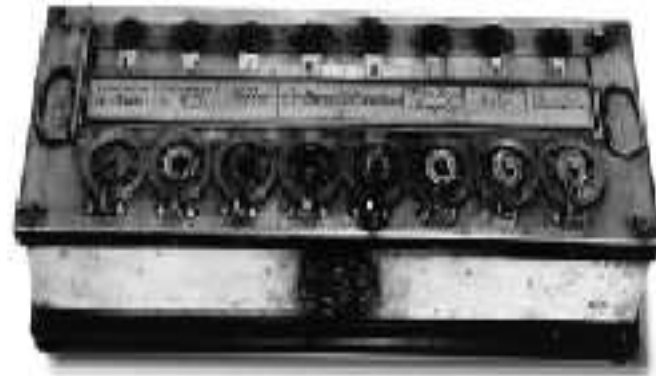


# 17 sajand: sümbolkeeled matemaatikas

- Analoogilisi sümbolkeeli püüti luua loogika jaoks.
- Kõik püüdlused ebaõnnestusid (kuni 19 sajandi lõpuni!)

# Schickard & Pascal

- Schickard 1625: väitis ehitanud olema liitva, lahutava, korrutava, jagava masina
- Kristlik filosoof Blaise Pascal 1640: aritmeetiline masin: ainult liitis ja lahutas



- Ehtas ca 50 tükki

# Leibniz

- Saksa filosoof 1646-1716
- Leibnizi arvuti (1671) liitis, lahutas, korrutas, jagas



- Leibniz lõi Boole'ga sarnaneva loogikasüsteemi, mis vajus unustusse
- Leibniz püüdis luua universaalset sümbolkeelt (*lingua characteristica universalis*) ja seda keelt kasutava nn “arutlemise aritmeetika” (*calculus ratorator*)

# Kirjutusmasin

- Inglise patent, Henry Mill, 1714, ei ehitatud
- Ameerika patent: 1829 William Austin Burt Detroidis
- 1867, Christopher Latham Sholes, Carlos Glidden, Samuel W. Soule leiutis: "Type-Writer"
- Remington: 1874 (jalgpedaaliga!)
- Sholes' klaviatuur ca 1874:



- Dvoraki klaviatuur ca 1936



# Kirjutusmasin püssitehasest

## ■ Remington Typewriter Co. model No. 2



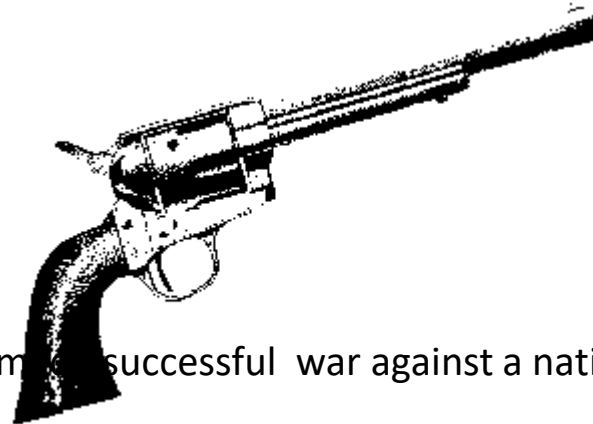
### **The invention of interchangeable parts.**

Machines which would produce, from a preshaped mold, the various components needed to build a standard infantry rifle, and workers on an assembly line who would construct it. The North, eager to experiment and willing to try anything that smacked of economic progress, decided to test the waters of this inviting new method of manufacture.

## ■ Civil war:

"In all history, no nation of mere agriculturists ever made successful war against a nation of mechanics. . . .You are bound to fail"

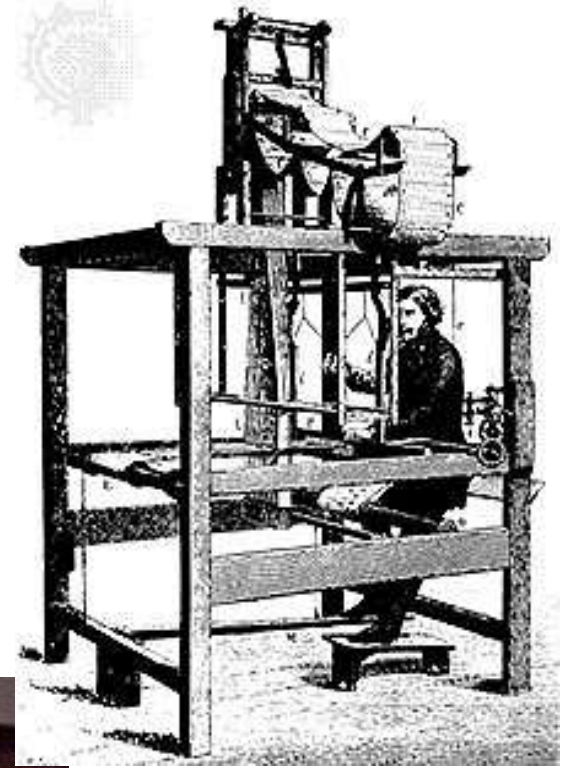
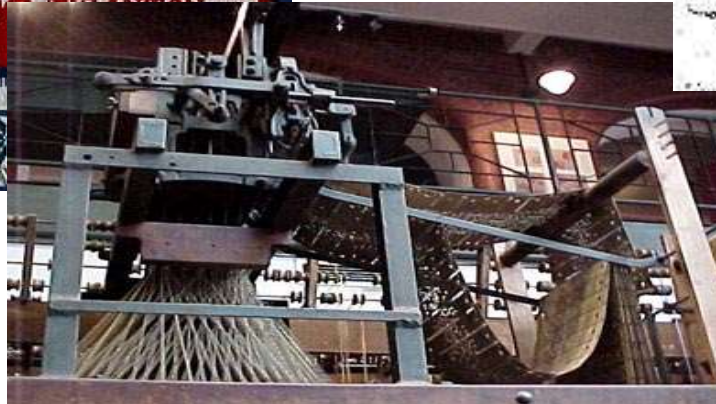
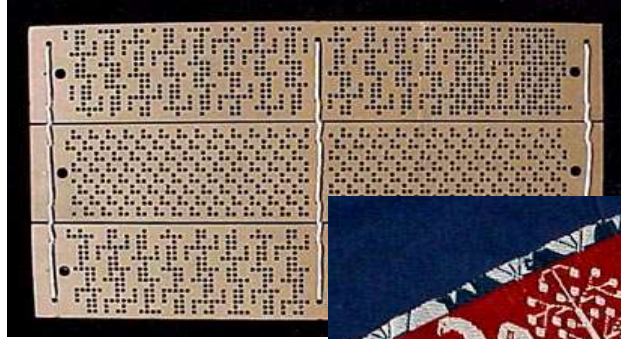
-Union officer William Tecumseh Sherman to a Southern friend.





# Perfokaardid

■ ca 1800, Jacquard



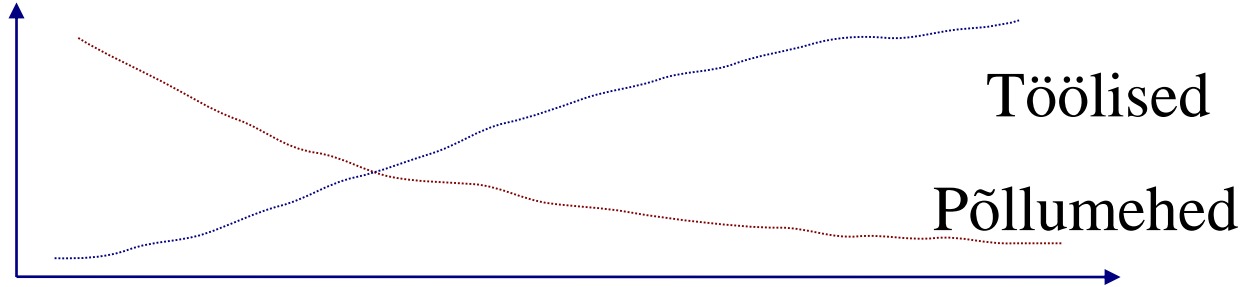
# Perfokaardid

- IBM-i perfokaart:

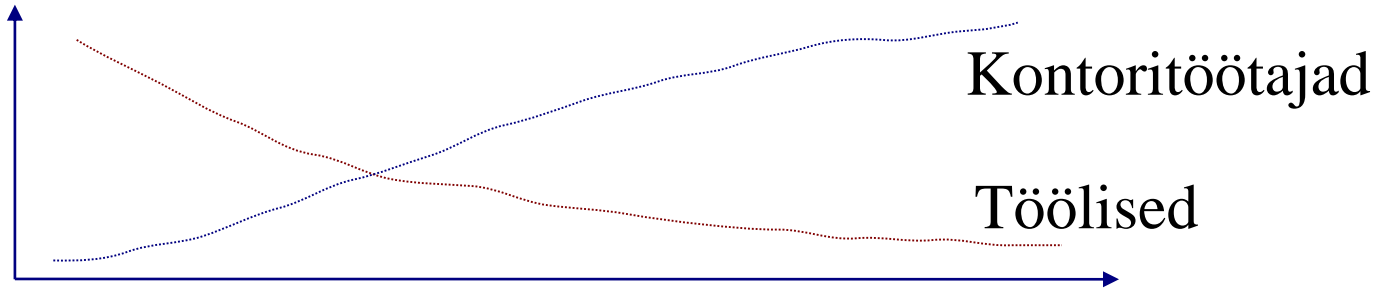


# Industrialiseerimisest

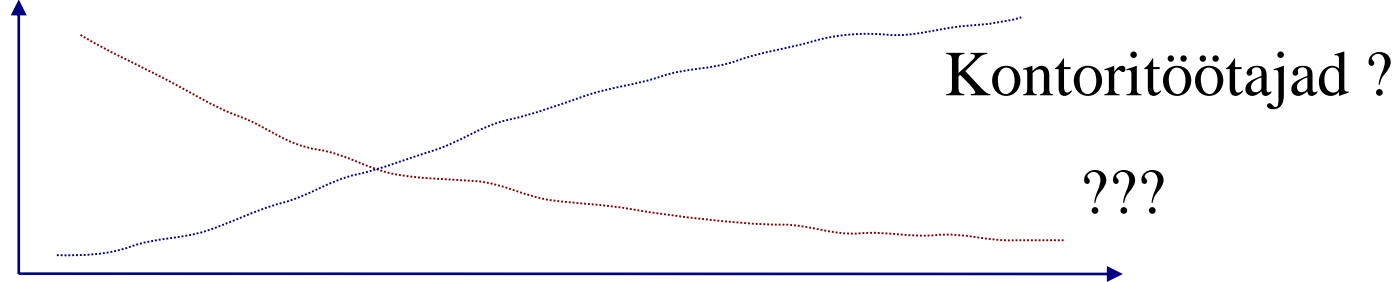
Tööstuse teke ja põllumajanduse mehaniseerimine



Tööstuse automatiseerimine



Kontoritöö automatiseerimine



# Charles Babbage

- 1822: Difference Engine, jäi pooleli
- Idee: Analytical Engine
- esimene programmeerija: Ada Lovelace





# Charles Babbage: difference engine



# Telegraaf

- Morse 1837: elektritelegraaf

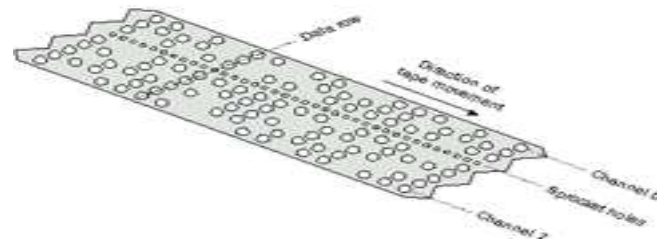
A ---	N ---	0 -----
B ---..	O -----	1 -----
C ---. .	P ---. .	2 .. ---
D ---..	Q ---. .	3 ---..
E .	R ---. .	4 ----.
F ---..	S ...	5 .....
G ---. .	T ---	6 ---..
H ....	U ---.	7 ---..
I ..	V ---..	8 ---..
J ---. .	W ---. .	9 ---..
K ---. .	X ---..	, ---. . comma
L ---..	Y ---..	----- period
M ---	Z ---..	? ---..

B	E	B	O	P	R	U	L	E	S
ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

- Wheatstone 1857: perfolint

- Arvutite perfolint:



# George Boole, de Morgan

- Loogika (lausearvutuse) alused 1847-1854
- Matemaatilise algebra ideede kasutamine loogika jaoks:
- Loogika algebra:

$$1A = A, 0A = 0, A+0 = A, A+1 = 1$$

$$A+B = B+A, AB = BA, AA = A$$

# Lausearvutuse alused

Loogikatehted on funktsioonid tõeväärtustel T ja V.

Enimkasutatud tehted on

- $\&$  (ja e. konjunktsioon)
- $\vee$  (või e. disjunktsioon)
- $-$  (ei e. eitus)
- $\Rightarrow$  (järelkus e. implikatsioon)
- $==$  (samavõrt e. ekvivalents)

A    $\&$    B

-----

T   T   T

T   V   V

V   V   T

V   V   V

A    $\vee$    B

-----

T   T   T

T   T   V

V   T   T

V   V   V

$-$  A

-----

V   T

T   V

A    $\Rightarrow$    B

-----

T   T   T

T   V   V

V   T   T

V   T   V



# Lausearvutuse alused

- Elementaartehtest saab kokku panna suvalisi avaldisi, mis realiseerivad tõeväärtusfunktsioone

$(\neg (A \ \& \ B)) \Rightarrow (B \ \vee \ C)$

-----

V	T	T	T	T	T	T	T
T	T	V	V	T	V	T	T
T	V	V	T	T	T	T	T
T	V	V	V	T	V	T	T
V	T	T	T	T	T	T	V
T	T	V	V	V	V	V	V
T	V	V	T	T	T	T	V
T	V	V	V	V	V	V	V

2

1

4

3

# Kaasaegse loogika alus: Gottlob Frege

- 1879: *Kontseptuaalne notatsioon* ("Begriffsschrift")

loob kaasaegse **predikaatarvutuse**

**Näide:**

Isa(Jaan,Mihkel).

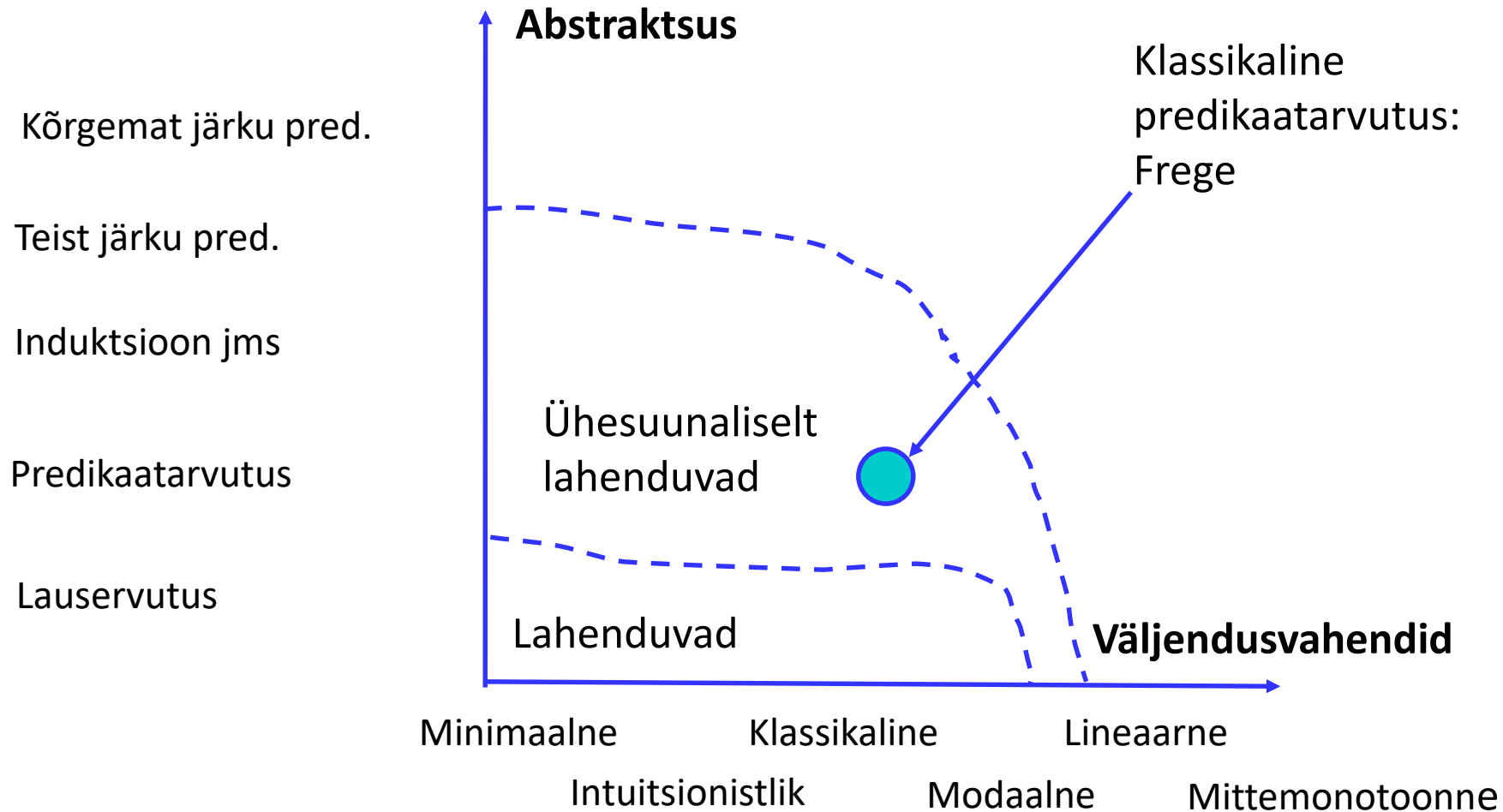
Isa(Jaan,Ants).

Isa(Ants,Peeter).

Iga  $x, y, z$  jaoks:  $\text{Isa}(x,y) \ \& \ \text{Isa}(y,z) \Rightarrow \text{Vanaisa}(x,z)$ .

Tõesta, et eksisteerivad  $z, u$  nii et  $\text{Vanaisa}(z,u)$ .

# Loogika mitmekesisus



# Hollerith'i perfokaardid

- 1890: Herman Hollerith: perfokaartidega masin USA rahvaloenduse andmete töötlemiseks



- Hollerith'i firmast tekkis IBM



# Vaakumtorud ehk raadiolambid

- [Vacuum Tube \(1906, Lee Deforest\)](#)

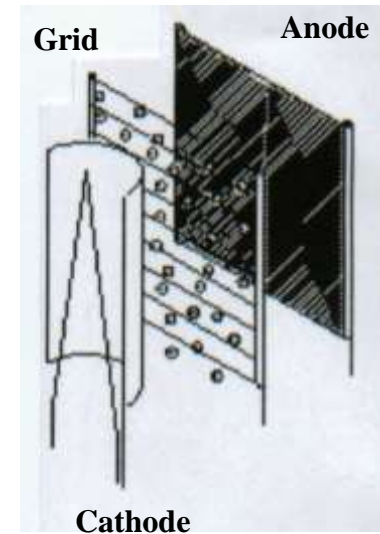
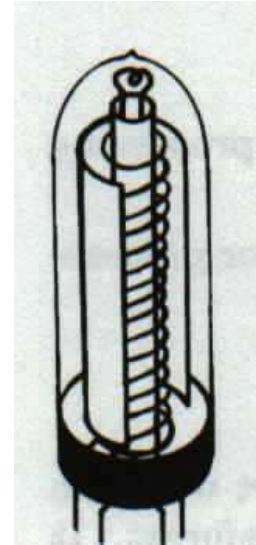
Three elements device used as electronic switch and amplifier: two electrodes separated by a grid in a vacuum glass enclosure.

- [Principle](#)

*Cathode* - emits electrons;

*Plate (anode)* - receives the electrons;

*Grid* - with negative bias voltage repels some of the electrons and prevents them from reaching the plate, resulting in less current flow. A changing negative charge on the grid modulates the plate current.



# Hulgateooria: Georg Cantor

- Elas 1845-1918
- Hulgateooria rajaja
- Lõpmatusi on lõpmatult palju eri suurusi
- Paradokside avastamine matemaatikas
- Matemaatika alused korraga ebakindlad

*Näiteks mõiste  
"Kõigi hulkade hulk"  
viib paradoksi ja  
valejäreldusteni*

# Russell & Whitehead

- 1910-1913: massiivne loogikatraktaat

Principia Mathematica

- Paradoksid -> tüüpide teooria
- Filosoofilised vaated: logitsism

*Näiteks: hulki tohib konstrueerida  
ainult varemkonstrueeritud  
lihtsamatest hulkadest*

# Formalism; Hilbert

- Loogik ja matemaatik: 1862-1943
- Filosoofilistelt vaadetelt formalist
- “Hilberti programm” matemaatikale kindlate aluste rajamiseks:
  - Matemaatika alused tuleb esitada loogika keeles, range aksiomaatikana.
  - Tuleb tõestada, et nimetatud aksiomaatika ei ole vastuoluline, st temast ei ole võimalik tuletada korraga mingit väidet A ja sellesama väite eitust  $\neg A$



# Intuitionism: Brouwer & Heyting

Ei aktsepteeri klassikalist loogikat / matemaatikat, näiteks ei aktsepteeri selliseid aksioome:

■  $A \vee \neg A$

■  $\neg \neg A \Leftrightarrow A$

■  $((A \Rightarrow B) \Rightarrow A) \Rightarrow A$

# Formaalne süsteem

- Tarski ja Carnap
  - Süntaks
  - Tuletamisreeglite süsteem
  - Semantika

# Täielikkus ja mittetäielikkus

- Kurt Gödel (1906-1978)
- 1930: loogika baaskeel predikaatarvutus on täielik
- 1931: formaalne aritmeetika ei ole täielik, seda ei saagi lõpliku formaalse süsteemiga kirjeldada

## Tõestuse idee:

- Tõestuse alusidee on tuntud valetaja paradoks: kas väide ``ma praegu valetan'' on tõene või mitte? Lihtne arutlus näitab, et ta ei saa olla kumbagi.
- Koostame nüüd sellise aritmeetilise väite A, mis ütleb, et seesama A ei ole tõestatav (see väide ei ütle, et A ei ole tõsi!). Siis ei saa väide A ise olla vale. Tõepoolest, kui A oleks vale, siis A sisu kohaselt peaks A olema tõestatav. Kuna me valesid väiteid tõestada ei saa, siis peabki A olema õige. Kuna A on õige, peab kehtima see, mida A väidab: A pole tõestatav. Tõepoolest, kui A oleks tõestatav, siis oleks A sisu ("A ei ole tõestatav") vale, see on aga, nagu näidatud, võimatu. Kokkuvõtteks, A on õige, aga ei A ega A eituse pole tõestatavad.

# Turingi masin & Churchi lambda-arvutus

- 1935-1937: artikkel Turingi masinast: universaalsus, mittelahenduvus



- 1936: Churchi lambda-arvutus, Churchi tees.  
universaalsus, mittelahenduvus

# Vannevar Bush

- MIT: 1930-1935-1937: Differential Analyzer dif. võrrandite lahendamiseks
- Viimane versioon:
  - kaalus 100 tonni
  - 2000 elektronlampi
  - 150 mootorit
  - tuhanded releed

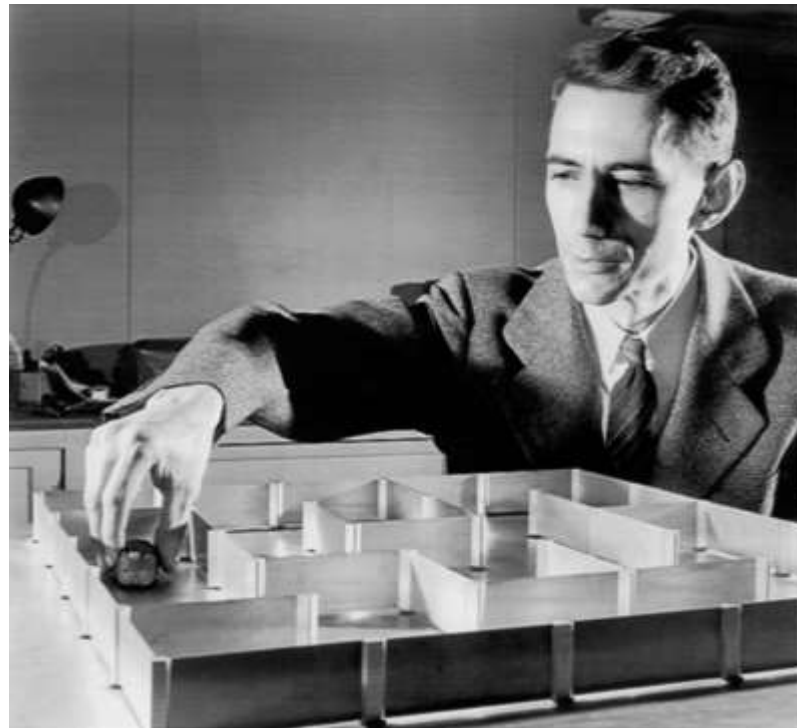
# Ludwig Wittgenstein

- 1889-1951
- Analüütilise filosoofia juhtkuju
- Innustas loogilise positivismi ja Viini ringi teket:
  - Mõtestatud tekst koosneb kas (a) loogika ja matemaatika formaalsetest väidetest või (b) konkreetsete teadusharude fakte esitavatest lausetest.
  - Igasugusel fakti esitaval väitel on sisu ainult siis, kui on võimalik öelda, kuidas selle väite kehtivust kontrollida.
  - Metafüüsilised väited, mis ei lange punktide 1 ja 2 alla, on sisutud.
  - Kõik moraali, esteetikat ja religiooni käsitlevad väited on mittekontrollitavad ja mõttetus.

# Claude Shannon

■ MIT, 1938, Shannon'i magistritöö sidus:

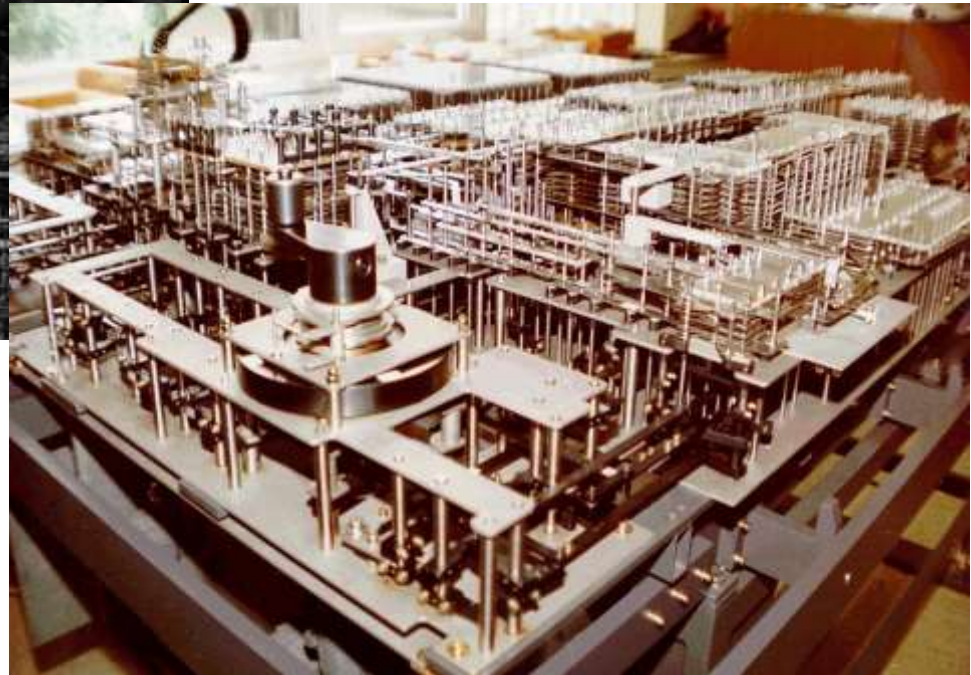
- Boole algebra
- Elektrilülitid ja -skeemid
- Bitid ja info kodeerimine
- Info otsimise algoritmid



# Zuse arvutid



Z1





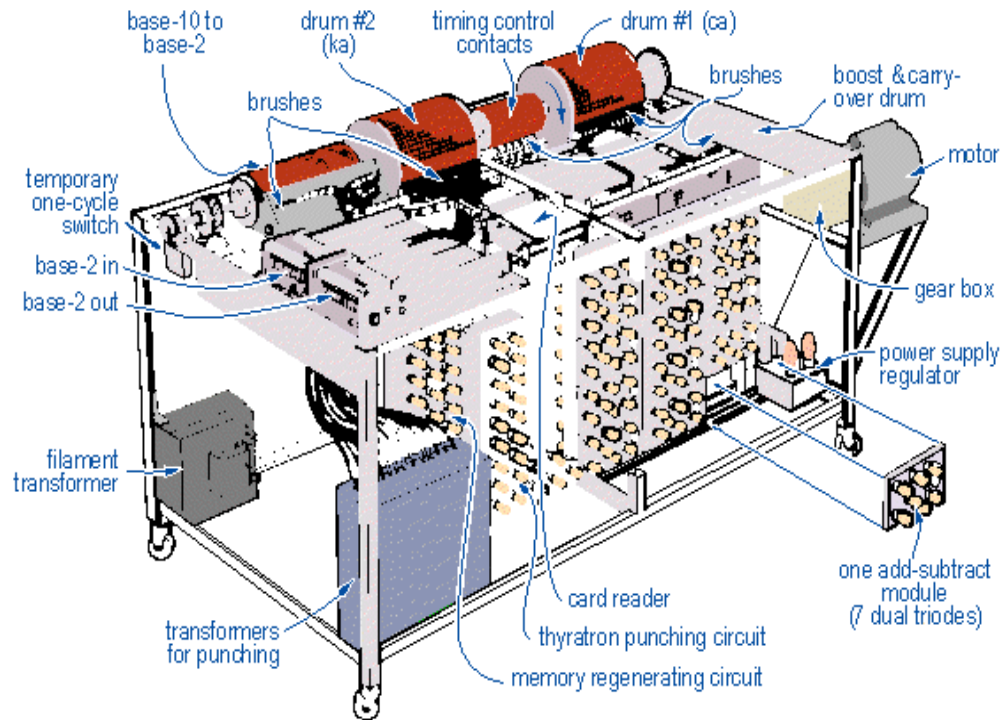
# Konrad Zuse

- Programmeeritavate arvutite pioneer saksamaalt
- 1936-38: Z1: puhtmehaaniline
- 1938: Z2: rehkendus releedega
- 1941: Z3 perfolindiga, universaalselt programmeeritav
- 1944-50: Z4: kommertsiaalne digitaalarvuti Zürichi tehnikaülikoolile:
  - Releedega rehkendus
  - Mehaaniline mälu
- 1950-1967: Z5 ... Z64
- By 1967, the Zuse KG had built a total of 251 computers. Due to financial problems, the company was then sold to Siemens.

# Atanasoff'i arvuti

- John Vincent Atanasoff
- 1939-1942: esimene elektronarvuti?

## The Atanasoff-Berry Computer

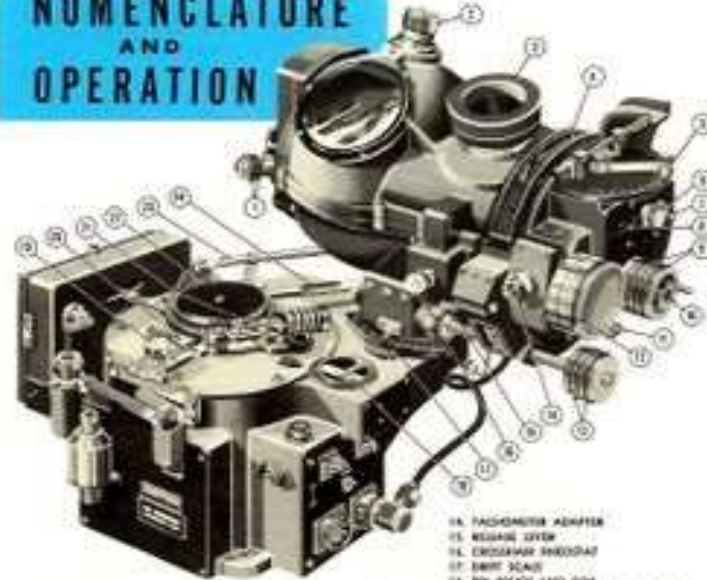


# Norden bombsight

REVISION 1

REVISION 1

## NOMENCLATURE AND OPERATION



1. LEVERED KNOB
2. CLOSING KNOB
3. STOPPER
4. INDEX WINDOW
5. TRANS. AND REAR PLATE
6. EXTENDED VIEW KNOB
7. RATE MOTOR SWITCH
8. 300 SPEED GEAR SHIFTER
9. RATE AND INFLUENCE KNOB
10. MOTOR DRIVE CLUTCH
11. MOTOR KNOB
12. 2ND SPEED GEAR
13. TURN AND SHIFTER KNOB

14. PAGESMITH ADAPTER
15. RELEASE LIFT
16. CROSSHAIR SPEEDRAT
17. DRIVE SHAFT
18. FOR SHAFT AND OIL
19. AUTOMATIC CLUTCH (ENGAGING KNOB)
20. AUTOMATIC CLUTCH
21. FORWARD CLUTCH (ENGAGING LIFT)
22. FORWARD CLUTCH
23. FORWARD CONNECTING ROD
24. AUTOMATIC CONNECTING ROD

The bombsight has 2 main parts, sighthead and pedestal. The sighthead is the main body and is locked to the pedestal by the limited locking pin. The sighthead is mounted on the pedestal by the limited locking pin. The limited locking pin is the limited locking pin. The limited locking pin is the limited locking pin.

REVISION 1

# Enigma, Geheimfernschreiber ja Lorenz

- Enigma: alates 1920 aastatest
- Lorenz SZ 40 and SZ 42 ja Geheimfernschreiber: Saksa lennu- ja merevägi



# Colossus vs Lorenz

- Londonis 1943: saksa allveelaevade salakirja dekodeerimiseks
- 1800 elektronlampi
- Ideoloogia ja matemaatika: olulises osas Alan Turing



# Mark I

- Howard Aiken
- IBM'i elektriline (releed) digitaalne arvuti MARK I

1939-1944

- **750.000 komponenti**
- **5 tonni**





# First operative digital computers

## *Five first operative digital computers*

Computer	Shown working	Binary	Electronic	Programmable	Turing complete
Zuse	May 1941	Yes	No	By punched film stock	Yes (1998)
Atanasoff–Berry Computer	Summer 1941	Yes	Yes	No	No
Colossus	1943 / 1944	Yes	Yes	Partially, by rewiring	No
Harvard Mark I – IBM	1944	No	No	By punched paper tape	Yes (1998)
ENIAC	1944	No	Yes	Partially, by rewiring	Yes
	1948	No	Yes	By Function Table ROM	Yes